*Separat-Abdruck aus den
„Annalen der Physik und Chemie"
1879. Neue Folge. Bd. VIII*

II. *Ueber die Natur der Absorption der Gase;*

von Sigmund v. Wroblewski.

§ 1. Vor über 70 Jahren stellte **Dalton**[1]) die Behauptung auf, dass die Gase, wenn sie von Flüssigkeiten, wie z. B. von Wasser absorbirt werden, nur mechanisch in den letzteren eingeschlossen bleiben, ohne dabei irgend eine Eigenschaft, die ihnen als Gasen zukommt, zu verlieren. Dieser Anschauung über die Natur der Absorption steht eine noch ältere gegenüber — die chemische —, welche diese Erscheinung als Folge einer Affinität zwischen Gasen und Flüssigkeiten betrachtet und z. B. die Absorption von CO_2 und N_2O durch Wasser durch die Bildung von H_2CO_3

1) A new System of chemical philosophy. Manchester, I. p. 197 —208. 1808.

und HNO erklärt. Seit der Zeit der Aufstellung dieser beiden Hypothesen suchte man sie immer mit Hülfe der statischen Methoden zu prüfen, d. h. durch Bestimmung des Verhältnisses, in welchem der absorbirte und der absorbirende Körper bei den gegebenen Bedingungen sich das Gleichgewicht halten, oder mit anderen Worten, durch Bestimmung der Absorptionscoëfficienten. Mackenzie, welcher kürzlich die Absorption der Kohlensäure durch wässerige Salzlösungen auf diesem Wege am eingehendsten untersuchte, sagt am Schlusse seiner werthvollen Abhandlung, dass es an der Hand vorliegender Beobachtungen gewagt wäre, die Frage „ob die Absorption überhaupt eine rein physikalische Erscheinung ist, oder ob sie in das Gebiet der sogenannten chemischen Erscheinungen gehört“[1]) jetzt schon zu lösen.

Neben diesen beiden Hypothesen ist noch eine dritte, von Graham aufgestellte zu erwähnen, nach welcher die Gase in den flüssigen Zustand übergehen, wenn sie von Körpern wie Flüssigkeiten, Kautschuk oder Metalle absorbirt werden.[2]) Sie stützt sich einerseits auf die bereits durch Mitchell gemachte Bemerkung, dass die Kautschukmembranen für diejenigen Gase am meisten durchdringlich sind, welche am leichtesten flüssig gemacht werden können und am löslichsten sind; andererseits auf zwei Vorstellungen Graham's: 1) dass ein Körper im flüssigen Zustande leichter durch die Poren eines andern Körpers dringt als im gasförmigen[3]) und 2) dass Flüssigkeiten und Colloide, wie Kautschuk, gar keine Poren haben und sogar in der dünnsten Schicht für Gase als solche undurchdringlich sind.[4]) Ohne diesen Uebergang in den flüssigen Zustand — was theilweise durch die chemische Affinität zwischen der absorbirenden Substanz und dem Gase begünstigt

1) Wied. Ann. I. p. 451. 1877.

2) Pogg. Ann. CXXIX. p. 549—551, 566—567, 576—577, 600. 1866. CXXXIV. p. 329—330. 1866.

3) Pogg. Ann. CXXIX p. 557, 601, 604. 1866.

4) Ibd. p. 557—558, 566—567. 1866.

werden kann oder soll — ist nach Graham der Durchgang eines Gases durch eine solche Substanz unmöglich. Um diese Vorstellung theilweise zu umgehen, hat neuerdings J. Clerk-Maxwell in einem Aufsatze[1]) über meine Habilitationsschrift[2]) diese Hypothese im Bezug auf Kautschuk so zu interpretiren versucht, dass Absorption und Durchgang der Gase einfach auf der chemischen Thätigkeit des Kautschukes beruhen. Im Bezug auf Art und Weise, wie ein Gas sich im Kautschuk verbreitet, bemerkt er in der 5. Auflage „Theory of Heat" (p. 278) „that it is not through pores in the ordinary sense that the motion takes place".

Meine vierjährigen Untersuchungen auf dem Gebiete der Diffussion führten mich allmählich zur Ueberzeugung, dass man der Lösung der Absorptionsfrage viel näher kommen wird, wenn man die bis jetzt benutzten statischen Methoden verlassend, den kinematischen Untersuchungsweg einschlägt, d. h. wenn man aus dem Studium der Bewegungserscheinungen, welche die Gase bei der Verbreitung in absorbirenden Substanzen zeigen, die Schlüsse im Bezug auf den Zustand zieht, in welchem sie sich in diesen Substanzen befinden. In diesen Untersuchungen sollen sämmtliche Classen der Absorptionserscheinungen von diesem Gesichtspunkte aus experimentel studirt werden. Der zunächst folgende Theil dieser Arbeit behandelt und erklärt die Erscheinungen im Kautschuk.

§ 2. Zur Bestimmung der Constante der Verbreitung der Gase D im Kautschuk habe ich meinem Diffusiometer, welches ich vor einigen Jahren zum Studium des Durchganges der Gase durch Kautschukmembranen construirt[3]), folgende aus der Taf. I Fig. 3 leicht zu ersehende Form gegeben. Der obere Theil des Apparates *a*, welcher aus einer kreisförmigen Messingfassung besteht und ein messin-

1) Diffusion of Gases through absorbing Substances. Nature, XIV. p. 24—25. 1876.

2) Pogg. Ann. CLVIII. p. 539—568. 1876.

3) Ibd. p. 545—548. 1876.

genes, mehrere Hundert Löcher zählendes Diaphragma nebst einer darauf gespannten Kautschukmembran trägt, ist derselbe wie bei dem a. a. O. beschriebenen Apparate. Ich brauche deshalb hier auf seine Einrichtung, Dimensionen und die Befestigungsart der Membran nicht näher einzugehen. *b* ist ein Olivenölmanometer von der Art, wie ich es in einer frühern Arbeit beschrieben habe.[1]) Die Maassröhre *c*, welche oben ein sehr empfindliches kleines Thermometer *d* enthält, steht mittelst des Kautschukschlauches *e* in Verbindung mit dem auf der gezahnten Stange *f* verschiebbaren und theilweise mit Quecksilber gefüllten Gefässe *g* und ist mit einer früher zu einem Geissler'schen Thermometer gehörenden, in Zehntelgrade getheilten Milchglasscala *h* versehen. Der Raum des Maassröhrenstückes von der Länge eines Grades der Scala beträgt bei 14,7° C. 0,2095 ccm. Da noch Zwanzigstel des Grades dieser Scala ohne Schwierigkeit sich ablesen lassen, so kann eine Volumenänderung des in der Maassröhre enthaltenen Gases bis auf 0,01 ccm bestimmt werden. Auf die Mitte der Membran wird ein 0,1 cm hoher kreisförmiger, dünner Messingring gelegt, dessen innerer Mantel den zur Diffusion bestimmten Theil der Fläche der Membran einschliesst. Auf der äussern Seite des Ringes wird die Membran durch einen Ueberzug mit Kitt für das Gas undurchdringlich gemacht. Die Diffusionsfläche betrug immer 12,472 qcm.

Um den Apparat mit dem zu untersuchenden Gase zu füllen, wird durch die entsprechende Stellung des Gefässes *g* das Quecksilber in der Maassröhre so hoch gestellt, dass es bis zur Manometerröhre *b* reicht. In dem Maasse, als man das Gas durch den Glashahn *i* einlässt, entweicht die Luft aus dem Apparate durch das Manometer. Ist die ganze Luft vertrieben und das Olivenöl mit dem heraustretenden Gase vollständig gesättigt, so senkt man das Quecksilber, wobei der untere Theil der Maassröhre mit dem Gase sich füllt. Nachdem der Hahn *i* geschlossen

1) Wied. Ann. II. p. 486. 1877.

worden ist, bringt man durch die passende Stellung des Quecksilbers die Olivenölsäule auf die Marke *k*. Die Versuche ergaben, dass das Gas durch diese Säule, deren Länge sowohl oberhalb, wie unterhalb des Niveaus des Olivenöles etwa 2 cm beträgt, und die bis zu dem Boden des das Oel enthaltenden Gefässchens *l* reicht, für die Dauer der Versuche absolut luftdicht von der äussern Atmosphäre abgesperrt bleibt. Das Herausdiffundiren des Gases durch die Membran lässt sich sofort am Manometer erkennen.

Hat man im Apparate ein Gas, für welches die Membran vielmal durchdringlicher ist als für die Luft, und hält man es durch das Emporschrauben des Gefässes mit Quecksilber *g* unter einem constanten Drucke (oder mit anderen Worten bleibt während des Versuches der Sättigungscoëfficient S constant), so ist den Gesetzen der Verbreitung der Gase in den absorbirenden Substanzen zufolge die Gasmenge Q, welche während der Zeit t durch die Membranfläche Ω hindurchgeht, gleich:

$$(1) \qquad Q = \Omega\, D\, S\, \frac{u_1 - u_2}{x}\, t,$$

wo x die Dicke der Membran, u_1 und u_2 die Sättigung auf beiden Seiten der letztern, und D die zu bestimmende Constante bedeuten. Da die Membran auf der dem Innern des Apparates zugekehrten Seite mit dem herausdiffundirenden Gase gesättigt bleibt, so ist $u_1 = 1$. Enthält die Atmosphäre das herausdiffundirende Gas gar nicht oder nur geringe Spuren von ihm, und ist die Constante der freien Diffusion für das betreffende Gas und die Luft im Vergleiche zu der Constante D im Kautschuk sehr gross, so ist $u_2 = 0$. Weiter ist:

$$Q = \frac{v}{1 + \alpha\Theta} \cdot \frac{p}{76} \quad S = A_\Theta \cdot \frac{p}{76} \text{ und } x = \frac{m}{\varrho\,\Omega},$$

wobei bedeuten: v das Volumen der Maassröhre, welches durch das seit dem Beginne des Versuches aufsteigende Quecksilber ausgefüllt wird; Θ die Temperatur des Gases;

α seinen Ausdehnungscoëfficienten; A_Θ den Absorptionscoëfficienten der Kautschukmembran für das betreffende Gas bei der Temperatur Θ; p den Druck (in Centimetern Quecksilber), unter welchem das Gas sich im Apparate befindet; m das Gewicht des Membranstückes, durch welches das Gas diffundirt und ϱ das specifische Gewicht der Membran. Setzt man diese Werthe in (1), so erhält man:

$$(2) \qquad D = \frac{v\,m}{\Omega^2 \varrho A_\Theta (1 + \alpha\Theta) t}.$$

Diese Formel setzt, wie gesagt, voraus, dass die Durchdringlichkeit der Membran, welche dem Ausdrucke DS proportional ist, für das aus dem Apparate herausdiffundirende Gas sehr gross ist im Vergleiche zu derjenigen für die atmosphärische Luft. Ist dies nicht der Fall, so muss die Gegendiffusion der Luft in Betracht gezogen werden. Beschränkt man die Dauer des Versuches, und gibt man der Maassröhre solche Dimensionen, dass die während des Versuches hineindiffundirende Luft, dank dem grossen Werthe der Constante der freien Diffusion, nicht im Stande ist, den Partialdruck des herausdiffundirenden Gases im Apparate merklich zu ändern, so genügt den Versuchen die eben so leicht aufstellbare Formel:

$$(3) \qquad D = \frac{v\,m}{\Omega^2 \varrho A_\Theta (1 + \alpha\Theta) t} + D' \frac{A'_\Theta}{A_\Theta}.$$

wo D' die Verbreitungsconstante und A'_Θ den Absorptionscoëfficienten der Luft bedeuten.

Beide Formeln (2) und (3) zeigen, dass zur Bestimmung von D die Kenntniss des Absorptionscoëfficienten nöthig ist, dessen Ermittelung die Gültigkeit des Henry-Dalton'schen Absorptionsgesetzes auch für Kautschuk voraussetzen muss. Diese Gültigkeit ergibt sich aus meinen bereits citirten Versuchen über den Durchgang der Gase durch Kautschukmembranen, durch welche ich gezeigt habe, dass bei den Druckdifferenzen zwischen 74 und 2 cm Q.-Dr. die hindurchgehende Gasmenge dem wirksamen Drucke des Gases auf die Membran proportional ist. Ein Blick auf die Gleichung (1) zeigt, dass dies nur in dem Falle möglich

ist, wenn der Sättigungscoëfficient dem Drucke proportional ist, oder mit anderen Worten, wenn das Henry-Dalton'sche Gesetz innerhalb der angegebenen Grenzen auch für Kautschuk Gültigkeit behält.

. Das von mir construirte und in Taf. I Fig. 4 abgebildete Absorptiometer besteht in allen seinen Theilen aus Glas. *a* ist eine 50 ccm fassende Maassröhre, welche in Zehntel-Cubikcentimeter getheilt ist und noch Hundertstel-Cubikcentimeter abzulesen gestattet; *b*, *c* und *d* sind Glashähne; *e* ein Raum, welcher zur Aufnahme des Kautschukes dient und durch einen luftdicht schliessenden Glasstöpsel von unten verschlossen wird. Um einen Begriff von den Dimensionen des Apparates zu geben, will ich anführen, dass bei dem grossen Apparate, den ich für das Wasserstoffgas geblasen habe, der Raum *e* mit der Bohrung des Glashahnes *d* 67,96 ccm bei 15,6° C., und der durch die Hähne *b*, *c* und *d* eingeschlossene Raum 90,267 ccm bei 12,7° C. fasste. (Für Gase, wie Stickstoffoxydul und Kohlensäure, deren Absorptionscoëfficient gross ist, reichte ein bedeutend kleinerer Apparat aus.) Der Apparat steht in einer Glasschale *g* mit Quecksilber und wird durch einen Halter *h* in verticaler Lage gehalten. Seine Benutzung ist sehr einfach. Die zu untersuchende Kautschukmembran, deren specifisches Gewicht man vorher bestimmt hat, wird in Streifen von circa 10 cm Länge und 1,5 cm Breite geschnitten, getrocknet, gewogen und in den Raum *e* hineingebracht. Für den Wasserstoff nahm ich etwa 20 g Kautschuk, sodass sein Volumen noch nicht ein Drittel des Raumes *e* ausfüllte; für Gase, wie Stickstoffoxydul und Kohlensäure genügt von dieser Menge die Hälfte, ja sogar ein Drittel oder Viertel. Der Apparat wird zuerst durch den Hahn *c* in Verbindung mit der Jolly'schen Quecksilberluftpumpe gesetzt und leer gepumpt. Dann wird sowohl der Hahn *d* wie *c* geschlossen, der Apparat von der Pumpe getrennt, ein Tropfen Wasser auf den Boden der Röhre *i* oberhalb des Hahnes *c* hineingeführt und das zu untersuchende Gas von oben in den durch die Hähne *b*,

c und *d* eingeschlossenen Raum hineingelassen. Wird das Gas direct aus einem Gasentwickelungsapparate durch Aufsetzen des Kautschukschlauches genommen, so muss der Raum oberhalb des Hahnes *c* zuerst mit Quecksilber ausgefüllt werden und der Apparat so geneigt, dass das Queksilber beim Oeffnen des Hahnes *c* in die Röhre *a* herunterfällt. Die weitere Benutzung des Apparates ergibt sich von selbst. Sind die eingelassene Gasmenge und der Druck, unter welchem sie sich befindet, gemessen worden, so wird der Hahn *d* aufgemacht, und nach dem Verlaufe von 3 bis 12 Stunden die Gasmenge und der Druck wieder bestimmt. Die Bestimmungen werden erst dann gemacht, wenn das neben dem Apparate hängende, in Zehntel-Grade getheilte und durch das Fernrohr abzulesende Thermometer eine Temperatur angibt, welche sich nur um 1 oder 2 Zehntel-Grade von der Temperatur des Queksilbers in der Schale *g* unterscheidet. Zur Berechnung des Absorptionscoëfficienten, welche nach der bekannten Formel[1]) geschieht, wird das Mittel von diesen beiden Temperaturen genommen.

Der Apparat gestattet, mit grösster Leichtigkeit die Abhängigheit des Absorptionscoëfficienten von der Temperatur zu bestimmen, was dadurch erreicht wird, dass man ihn, ohne das eingelassene Gas und die Kautschukmenge gewechselt zu haben, succesiv in Zimmer von verschiedenen Temperaturen stellt. Der Glashahn *b* wird jedesmal geschlossen, wenn der Apparat, nachdem er die gewünschte Temperatur angenommen hat, vor das Kathetometer auf seinen alten Platz zurückgestellt werden soll. Der Apparat gestattet eben so, ohne die einmal hineingebrachte Kautschukmenge gewechselt zu haben, Bestimmungen mit verschiedenen Mengen eines und desselben Gases oder mit verschiedenen Gasen auszuführen. Zu diesem Zwecke werden zuerst alle Hähne aufgemacht, das Quecksilber herausgelassen, dann der Hahn *d* geschlossen, *b* und *c* herausgenommen, der ganze Apparat mit Ausnahme von

1) Bunsen: Gas. Methoden. 2. Aufl. p. 193.

dem den Kautschuk enthaltenden Raume *e* mit Alkohol und Aether von Spuren des Wassertropfens gereinigt, ausgeblasen, und nachdem man jetzt alle drei Hähne frisch gefettet und wieder eingesetzt hat, wird der Apparat aufs neue leer gepumpt. Die Bestimmungen, die ich abwechselnd mit Wasserstoff und Luft gemacht habe, zeigten, dass der Druck des im Kautschuk beim Leerpumpen zurückbleibenden Gases nur durch Hundertstel eines Millimeters Q.-Dr. gemessen werden kann, was gleichzeitig die Grenze der Leistungsfähigkeit der Jolly'schen Pumpe ist.

§ 3. Zu den Versuchen wurde rother vulcanisirter Kautschuk von etwa $^1/_3$ mm Dicke benutzt. Dieser Kautschuk war schon vor $4^1/_2$ Jahren angeschafft; er hat sein frisches Aussehen vollständig und den dem frischen Kautschuk eigenthümlichen Geruch im beträchtlichen Grade verloren. Beim Spannen über das Diaphragma des Diffusiometers wurde er so weit ausgedehnt, dass seine Dicke nur einige Tausendstel eines Centimeters betrug. Sein specifisches Gewicht betrug, nachdem ein 2,38371 g schweres Stück Kautschuk eine Viertelstunde im kochenden Wasser sich befand und dann im kalten Wasser abgekühlt wurde, bei 15,2° C. 1,0267. Nach dem nochmaligen, $^3/_4$ Stunde dauernden Kochen desselben Stückes ergab sich das spec. Gewicht bei 15° C. zu 1,02701. Zur Berechnung aller nachstehenden Versuche wurde das Mittel aus diesen beiden Bestimmungen 1,02685 genommen. Da die zur Lösung der zu untersuchenden Frage dienenden Versuche bei den Temperaturen angestellt waren, die sich nur wenig von der Temperatur von 15° entfernen, so wurde die Aenderung des specifischen Gewichtes des Kautschukes mit der Temperatur bei allen nachfolgenden Berechnungen ausser Acht gelassen.

Das zu den Versuchen benutzte Stickstoffoxydul wurde im flüssigen Zustande von „C. Ash and Sohn" in Berlin bezogen. Die Kohlensäure wurde aus reinem doppeltkohlensauren Natron und reiner, sehr verdünnter Schwefelsäure, der Wasserstoff electrolytisch entwickelt.

Von den nächstfolgenden Absorptionsversuchen sind die zu jeder Reihe gehörenden mit einer und derselben Gasmenge angestellt worden und zwar in der Reihenfolge wie die Nummer der Versuche.

Versuche mit Stickstoffoxydul.

I. Reihe. Kautschukmenge: 10,03922 g.

Nr.	Temperatur	Absorptionscoefficient beobachtet	Absorptionscoefficient berechnet	Diff.
4	6,7	1,7639	1,7776	+ 0,0137
2	7,125	1,7396	1,7663	+ 0,0267
1	10,525	1,6587	1,6756	+ 0,0169
3	14,3	1,5796	1,5750	— 0,0046
	II. Reihe.	Kautschukmenge: 11,3251 g.		
7	5,325	1,8453	1,8142	— 0,0311
5	9.35	1,7098	1,7069	— 0,0029
6	12,05	1,6391	1,6350	— 0,0041
	III. Reihe.	Kautschukmenge: 12,47135 g.		
9	4,6	1,8391	1,8335	— 0,0056
8	11,8	1,6409	1,6416	+ 0,0007
10	19,275	1,4464	1,4424	— 0,0040

Allen diesen Versuchen genügt also die Interpolationsformel:

$$A_\Theta = 1,9561 - 0,026\,649 \,.\, \Theta.$$

Versuche mit Kohlensäure.

I. Reihe. Kautschukmenge: 11,62699 g.

Nr.	Temperatur	Absorptionscoefficient beobachtet	Absorptionscoefficient berechnet	Diff.
3	6,2	1,1634	1,1802	+ 0,0168
1	10,4	1,1075	1.1140	+ 0,0075
2	15,09	1,0355	1,0402	+ 0,0047
4	20,825	0,9379	0,9498	+ 0,0119
	II. Reihe.	Kautschukmenge: 11,36648 g.		
6	7,05	1,1700	1,1669	— 0,0031
7	10,665	1,1186	1,1099	— 0,0087
5	11,35	1,1044	1,0991	— 0,0053
	III. Reihe.	Kautschukmenge: 11,39208 g.		
9	8,925	1,1411	1,1373	— 0,0038
8	12,05	1,1020	1,0881	— 0,0139
10	18,025	1,0027	0,9939	— 0,0088

Die beobachteten Werthe lassen sich also durch die Interpolationsformel:

$$A_\Theta = 1,2779 - 0.015\,757\,.\,\Theta$$

darstellen.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass die Absorptionscoëfficienten des Kautschukes für Gase in den untersuchten Grenzen lineare Functionen der Temperatur sind, und dass sie bei Stickstoffoxydul und Kohlensäure mit der Zunahme der Temperatur abnehmen. Der Absorptionscoëfficient für Stickstoffoxydul ist meines Wissens nie bis jetzt bestimmt worden, derjenige für Kohlensäure einmal, und zwar durch Mitchell[1]), welcher ihn gleich eins gefunden haben soll, was meinen obigen Bestimmungen vollständig entspricht. Der Absorptionscoëfficient für Wasserstoff ist ebenfalls nie bestimmt worden.[2]) Sein Werth ergibt sich aus folgenden Versuchen.

Versuche mit Wasserstoff.

I. Reihe. Kautschukmenge: 20,3426 g.			III. Reihe. Kautschukmenge: 20,45535 g.		
Nr.	Temperatur	Absorptions-coëfficient	Nr.	Temperatur	Absorptions-coëfficient
1	10.72	0,064 327	5	11,45	0,061 243
2	11,5	0,065 332	6	13,2	0,071 785
II. Reihe. Dieselbe Kautschukmenge. Gas erneuert.			IV. Reihe. Kautschukmenge: 20,387 g.		
3	11,375	0,068 347	7	11,36	0,065 580
4	14,86	0,083 424	8	11,1	0,069 961

1) Nach Angabe von Odling in proceedings of the Royal Institution of Great Britain. VI. p. 45. (1870—1872.)

2) Im Jahre 1866 schrieb Graham: „Mehr als ein Versuch wurde gemacht, die Gegenwart von freiem Wasserstoffe in der Substanz des Kautschukes nachzuweisen, nachdem er einige Zeit in diesem Gase gewesen war, allein mit negativem Resultate.“ Pogg. Ann. CXXIX. p. 559—560. 1866. In der im Jahre 1868 erschienenen Arbeit (Pogg. Ann. CXXXIV. p. 329.) sagt er, dass eine Röhre von 2 mm Wanddicke, durch welche man eine Stunde lang hintereinander einen Strom von Wasserstoff und Kohlensäure leitete, 0,0113 Vol. Wasserstoff und 0,22 Vol. Kohlensäure zurückhielt. Daraus zieht er den Schluss, dass die Absorption des Wasserstoffes zu der der Kohlensäure im Verhältnisse wie 1 zu 20 steht.

IV. Reihe. Kautschukmenge: 20,387 g.

Nr.	Temperatur	Absorptionscoëfficient
9	13,2	0,083 812
10	11,05	0,069 457
11	10,9	0,070 968

V. Reihe. Dieselbe Kautschukmenge. Gas erneuert.

12	10,4	0,070 162
13	12,15	0,067 644
14	11,55	0,064 722

VI. Reihe. Dieselbe Kautschukmenge. Gas erneuert.

15	12,2	0,065 528
16	11,6	0,061 398

VII. Reihe. Kautschukmenge: 20,2373 g.

Nr.	Temperatur	Absorptionscoëfficient
17	11,7	0,074 436
18	11,5	0,079 307

VIII. Reihe. Dieselbe Kautschukmenge. Gas erneuert.

19	12,6	0,074 892
20	14,85	0,075 958

IX. Reihe. Dieselbe Kautschukmenge. Gas erneuert.

21	13,5	0,075 907
22	15,725	0,080 525
23	14,05	0,079 003

X. Reihe. Dieselbe Kautschukmenge. Gas erneuert.

24	15,25	0,070 885
25	11,7	0,059 670

(Mit der zu den Reihen IV—VI benutzten Kautschukmenge wurden zwischen den Reihen IV und V, V und VI die Bestimmungen des Absorptionscoëfficienten für Luft gemacht.) Da die Diffusionsversuche, zu deren Berechnung der Absorptionscoëfficient des Wasserstoffes ermittelt worden ist, bei den Temperaturen zwischen 12 und 15° C. angestellt waren, so wurden zuerst aus den Reihen II, IV, IX und X (für jede Reihe besonders) die Werthe von A_Θ für 12, 14 und 15° berechnet; ebenfalls aus der Reihe III für 12 und 13 und aus der Reihe VIII für 13 und 15°, und jetzt wurde aus allen diesen Werthen folgende Formel:

$$A_\Theta = 0,02050 + 0,0040714 \,.\, \Theta$$

abgeleitet. Sie zeigt, dass der Absorptionscoëfficient für Wasserstoffgas mit der Zunahme der Temperatur zunimmt. Ich beabsichtige, dieses Verhalten des Wasserstoffes später einer ausgedehntern Untersuchung zu unterwerfen.

Aehnliches Verhalten scheint auch die atmosphärische Luft zu zeigen, deren Absorptionscoëfficient erheblich grösser ist, als derjenige für das Wasserstoffgas, wie man sich davon aus folgenden Zahlen überzeugen kann.

Versuche mit Luft.

Kautschukmenge: 20.387 g (dieselbe wie bei den Reihen IV—VI des Wasserstoffes).

Reihe	Nummer des Versuches	Temperatur	Absorptions-coëfficient
I	1	11,51	0,10516
II	2	10,9	0,098116
III	3	12	0,11262
Kautschukmenge: 20.2373 g (dieselbe wie bei den Reihen VII—X des Wasserstoffes).			
IV	4	11,625	0,10305
	5	14,9	0,11502
V	7	13	0,11203
	6	16,4	0,12126
	9	17,625	0,12525
	8	17,65	0,12695

(Zwischen den Reihen IV und V wurden Bestimmungen des Absorptionscoëfficienten für Kohlensäure mit derselben Kautschukmenge angestellt.) Aus allen diesen Versuchen ist folgende Formel:

$$A_{\Theta} = 0{,}06075 + 0{,}003\,757 \,.\, \Theta$$

berechnet worden. Die Absorptionscoëfficienten der Bestandtheile der atmosphärischen Luft beabsichtige ich ebenfalls später zu bestimmen.

§ 4. In den nachfolgenden Tabellen, welche die Diffusionsversuche enthalten, haben die Buchstaben dieselbe Bedeutung wie in der Formel (2), nach welcher die Versuche zuerst berechnet worden sind. Die Volumina v, die in den Tabellen durch die den Graden der Scala entsprechenden Strecken ausgedrückt sind, müssen bei der Berechnung von D noch mit 0,2095 multiplicirt werden. Es wird angenommen, dass die Kautschukmembran immer dieselbe Temperatur Θ hat, wie das herausdiffundirende Gas. Die benutzten Ausdehnungscoëfficienten sind nach Jolly. Der Ausdruck $(1 + \alpha\,\Theta)\,A_{\Theta}$ wird zur Berechnung aller Ablesungen benutzt, die in der Klammer sich befinden, vor welcher er steht. Die Zeit t ist in Secunden vom Anfange des Versuches angegeben. Die Dimension von D ist $\frac{\text{Quadratcentimeter}}{\text{Secunde}}$.

Versuche mit Kohlensäure.

Membran I. Das Gewicht des Membranstückes, durch welches das Gas diffundirt, = 0,110 231 g; die Dicke = 0,008 607 cm; der Brigg'sche Logarithmus von $\frac{m}{\Omega^2 \varrho} . 0{,}2095$ beträgt 0,16004 — 4.

N	v	t	Θ	$(1 + \alpha\,\Theta)\,A_0$	$10^{10}\,D$
I	1	239	13,3	1.12108	5395
	2	487	13,2	1,12165	5671
	2,97	739	—		5180
	4,74	1206	13,1	1,12228	4947
	5,75	1479	13,1		4893
II	0,85	205	13,2		5341
	1,4	325	—		5548
	2,4	571	—	1,12228	5413
	3,4	826	—		5302
	4,52	1121	13,2		5193
III	0,52	130	13,2		5152
	1,6	387	—	1,12228	5325
	2,1	517	—		5232
	3,6	875	13,1		5299
IV	0,6	164	13,05		4708
	1,22	294	—		5340
	1,74	416	—	1,12323	5383
	2,92	724	—		5190
	3,35	847	—		5090
	3,8	961	13,1		5089

Membran II. Gewicht = 0,07278 g; Dicke = 0,005 6827 cm. Es wurden aus sieben Versuchen, welche bei den Temperaturen zwischen 14,55 bis 12,13 angestellt waren, 47 Werthe von D berechnet, die sich durch die folgende, um 3 Proc. kleinere Werthe liefernde Formel:

$$\text{(a)} \qquad D_0 = [1529 + 270 \,.\, \Theta]\; 10^{-10} \,.\, \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$$

darstellen lassen. Diese Differenz ist den Fehlern zuzuschreiben, mit welchen die Bestimmung der Dicke der Membran verbunden ist.

Versuche mit Stickstoffoxydul.

Membran II. Der Brigg'sche Logarithmus von $\frac{m}{\Omega^2 \varrho} \cdot 0{,}2095$ beträgt 0,97975 − 5.

N	v	t	Θ	$(1 + \alpha\,\Theta)\,A_0$	$10^{10}\,D$
I	0,5	52	15,1	1,6407	5593
	1,02	98	15,2		6058
	2	186	—		6259
	2,8	261	—	1,63959	6245
	3,2	301	—		6188
	5,25	490	15,2		6236
II	0,5	49	15		5928
	1,2	116	15	1,64292	6010
	1,75	166	—		5985
	2,6	240	—		6293
	4,05	382	14,9	1,64403	6155
	4,81	454	14,8	1,64514	6147
III	1	102	13,9		5619
	2,1	220	14		5471
	3,17	319	—		5696
	3,65	372	—	1,66513	5624
	4,65	471	—		5659
	5,65	572	—		5662
	6,15	623	14		5658
IV	0,7	73	13,8		5482
	1,8	183	—	1,66955	5754
	2,6	266	13,8		5588
V	0,9	98	12,2		5142
	2,35	242	—		5437
	3,625	377	—		5383
	5,12	535	—	1,70474	5358
	5,82	612	—		5324
	6,9	727	—		5314
	7,9	835	—		5297
	9,6	1022	12,2		5259
VI	0,72	80	12,2		5039
	1,6	161	—		5564
	2,38	250	—		5330
	2,98	311	—		5365
	3,48	368	—		5294
	4,47	472	—	1,70474	5302
	5,42	578	—		5249
	6,12	658	—		5207
	7,17	773	—		5193
	7,72	827	—		5226
	8,42	926	—		5091
	9,37	1013	12,2		5179

N	v	t	Θ	$(1 + a\,\Theta)\,A_0$	$10^{10}\,D$
VII	1,05	108	12	1,70907	5429
	1,6	166	—		5382
	2,67	277	—		5383
	3,67	388	—		5282
	4,65	487	—		5332
	5,95	636	12		5224
	7,64	778	—		5484
	8,15	889	12,1		5119

Berechnet man für jeden Versuch die Mittelwerthe von D und Θ, so genügt allen diesen die Formel:

(b) $$D_\Theta = \left[2175 + 253\,.\,\Theta\right].\,10^{-10}\,\frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}.$$

Da mir viele Membranen entweder nach den abgeschlossenen Beobachtungsreihen beim Abnehmen (also ehe noch die Dicke bestimmt werden konnte) oder noch während der Versuche zersprangen, so wurden die mit ihnen angestellten Versuche auf folgende Weise berechnet. Ist z. B. eine Reihe Versuche mit Kohlensäure oder Stickstoffoxydul gemacht worden, so berechnet man zuerst die Werthe von D für die Versuchstemperaturen aus den Formeln (a) oder (b). Mit Hülfe dieser Werthe berechnet man für diese Membran eine Constante k, die durch die Gleichung:

(4) $$k = \frac{D\,(1+a\,\Theta)\,A_0\,t}{v}$$

gegeben wird, und die dann zur Berechnung der Versuche mit anderen Gasen dient. Als Beispiel führe ich folgende Versuchsreihe an.

Membran III. Berechnung von k aus Versuchen mit Stickstoffoxydul.

v	t	Θ	$(1+a\,\Theta)\,A_0$	D	k
2,95	126	13,2	1,68172	$5539\,.\,10^{-10}$	0,000 039 78
4,35	179	—			— 38 33
5,55	229	—			— 38 43
7,55	312	—			— 38 49
9,3	383	—			— 38 36
10,75	445	—			— 38 56
11,95	498	13,3			— 38 82
				im Mittel	0,000 038 68

Der zweite Versuch lieferte im Mittel aus acht Ablesungen 3774, der dritte im Mittel ebenfalls aus acht Ablesungen 3854. Daraus ergibt sich im Mittel $k = 0{,}000\,038\,65$. Die mit diesem Werthe berechneten Versuche lieferten für Kohlensäure:

D für	$13{,}45^0$	im Mittel aus 9 Ablesungen	5150	$\Big\} \cdot 10^{-10}$
„ „	13,28	„ „ „ 10 „	5142	
„ „	13,27	„ „ „ 9 „	5096	

Die Formel (a) liefert für diese drei Temperaturen die Werthe 5167, 5121 und 5119.

Vergleicht man alle diese Werthe, so findet man, dass Stickstoffoxydul und Kohlensäure fast gleiche Constanten D haben. Zieht man jetzt die grosse Verschiedenheit der Absorptionscoëfficienten des Kautschukes für beide Gase in Betracht, so sieht man gleich, dass die Constante D weder von der chemischen Natur des Gases, noch von dem Werthe des Absorptionscoëfficienten abhängt. Sie kann in diesem Falle nur von physikalischen Eigenschaften der Gase abhängen, und da das specifische Gewicht die Haupteigenschaft ist, durch welche die Gase in physikalischer Hinsicht voneinander sich unterscheiden, so muss die Constante D vom specifischen Gewichte der Gase abhängig sein. Den Beweis dafür lieferten folgende

Versuche mit Wasserstoff.

Membran II.

N	v	t	Θ	$(1 + \alpha\,\Theta)\,A_0$	$10^9\,D$
I	1,27	530	15,2	0,086 934	2631
	2,25	976	14,9	0,086 496	2543
	2,82	1246	—		2497
	4,09	1811	14,6	0,085 51	2521
II	0,48	184	14,8	0,08506	2927
	1,2	518	—		2599
	2,13	992	14,7	0,08483	2415
	3,68	1728	14,5	0,08438	2406
	4,19	1978	14,5		2396

N	v	t	Θ	$(1 + \alpha\,\Theta)\,A_\theta$	$10^9\,D$
III	1	484	14,6	0,08416	2343
	1,8	849	14.5	0,08394	2410
	2,6	1215	14,4	0,08371	2440
	3,15	1465	—		2451
	3,8	1812	14,3	0,08349	2397
	4.31	2046	14,3		2408
IV	0,5	252	13,9		2449
	1,02	506	—		2376
	1.55	802	—		2278
	2,11	1045	—		2380
	2,64	1295	—	0,08096	2403
	2,95	1445	—		2406
	3.7	1812	—		2407
	4,35	2171	—		2362
	5,3	2644	—		2363
	5,85	2944	13,9		2342
V	0,55	244	13.9		2657
	0,8	380	—	0,08096	2482
	2.1	1041	13,9		2378
	2,825	1378	—		2417
	3,55	1736	13,8		2417
	4,28	2087	—	0.08073	2424
	5,3	2618	13.8		2390
	6,5	3240	13,7	0,08051	2378
VI	0,5	240	11,65		2816
	1,05	550	11,8		2581
	2,05	1086	11,6	0,0706	2552
	2,6	1355	—		2594
	3,39	1776	—		2580
	3,9	2063	11,6		2556
VII	1,37	717	11,5		2599
	1,72	887	—		2638
	2,42	1258	—	0,07015	2617
	2,92	1532	—		2581
	3.33	1804	11,5		2511
	3,91	2052	11,4	0,06993	2600

Membran III. (k, wie oben gesagt, aus den Versuchen mit Stickstoffoxydul) lieferte als:

D für 13,8 im Mittel aus 8 Ablesungen	2809			
„ „ 13,6 „ „ „ 7 „	2543	} $\cdot\,10^{-9}$		
„ „ 13.3 „ „ „ 5 „	2583			

Membran IV. (k berechnet aus den Versuchen mit Kohlensäure = 0,000 070 62) lieferte als:

$$\left.\begin{array}{llllll} D \text{ für} & 13{,}2 & \text{im Mittel aus} & 6 & \text{Ablesungen} & 2532 \\ \text{„} \ \text{„} & 13{,}19 & \text{„} \ \text{„} & 6 & \text{„} & 2523 \\ \text{„} \ \text{„} & 13{,}01 & \text{„} \ \text{„} & 7 & \text{„} & 2503 \\ \text{„} \ \text{„} & 12 & \text{„} \ \text{„} & 5 & \text{„} & 2560 \end{array}\right\} \cdot 10^{-9}$$

Membran V. (k berechnet aus den Versuchen mit Kohlensäure = 0,000 062 47) lieferte als:

$$\left.\begin{array}{llllll} D \text{ für} & 14{,}69 & \text{im Mittel aus} & 5 & \text{Ablesungen} & 2409 \\ \text{„} \ \text{„} & 14{,}47 & \text{„} \ \text{„} & 5 & \text{„} & 2493 \\ \text{„} \ \text{„} & 14{,}4 & \text{„} \ \text{„} & 4 & \text{„} & 2464 \\ \text{„} \ \text{„} & 14{,}25 & \text{„} \ \text{„} & 7 & \text{„} & 2407 \end{array}\right\} \cdot 10^{-9}$$

Die hier berechneten Zahlen für Wasserstoff und Stickstoffoxydul verhalten sich umgekehrt proportional wie die Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten der Gase. Diese Relation gestattet, die Gegendiffusion der Luft zu berücksichtigen und die Werthe von D nach der Formel (3) zu berechnen. Die Constante D für Luft lässt sich nämlich nicht gut direct beobachten. Da von den drei untersuchten Gasen die grösste Durchdringlichkeit dem Stickstoffoxydule zukommt, so ist D für dieses Gas durch die Gegendiffusion der Luft am wenigsten afficirt. Berechnet man deshalb mit Hülfe der Formel (b) und der obigen Relation D für Luft[1]) für 12° und 14° C. und dann mit diesen Werthen den Ausdruck $\frac{D' \Delta'_0}{\Delta_0}$ der Formel (3), so findet man für diese beiden Temperaturen:

$$\left.\begin{array}{llll} D \text{ für} & N_2O & 56 & 62 \\ \text{„} \ \text{„} & CO_2 & 54 & 61 \\ \text{„} \ \text{„} & H & 354 & 352 \end{array}\right\} \cdot 10^{-8} \frac{\text{cm}^2}{\text{sec.}}.$$

---

1) Da die specifischen Gewichte des Sauerstoffes und Stickstoffes sich nur wenig voneinander unterscheiden, so ist hier erlaubt, die Gegendiffusion der Luft als eines homogenen Gases statt der Gegendiffusion ihrer Bestandtheile, Jedes für sich allein, in Betracht zu ziehen. Dies ist aber nicht mehr der Fall, sobald die Versuche von den Voraussetzungen, auf welchen die Formel (3) beruht, abweichen.

Stickstoffoxydul und Kohlensäure haben also fast gleiche Constanten; ein etwas grösserer Werth kommt dem Stickstoffoxydule als einem specifisch leichtern Gase zu. Die Constante für diese beiden Gase nimmt mit der Temperatur zu und ist bei 10° C. 50 mal kleiner als *D* für Kohlensäure im Wasser[1]), und 300 000 mal kleiner als die Constante der freien Diffusion für Kohlensäure und Luft bei derselben Temperatur und demselben Drucke.

Nimmt man das Verhalten des Stickstoffoxydules für normal an, so findet man, dass *D* für den Wasserstoff um ca. 27 Proc. grösser ist, als es sein würde, wenn die betreffende Constante genau der Quadratwurzel aus dem specifischen Gewichte des Gases umgekehrt proportional wäre. Es tritt hier also dieselbe Abweichung auf, welche Graham bei der Diffusion der Gase durch Graphitplatten beobachtet hat. Durch eine Platte von 0,05 cm Dicke diffundirte der Wasserstoff — wenn man das Verhalten der Luft als normal betrachtet — um 9 Proc. schneller, als es die obige Relation vorschreibt. Eine ähnliche Abweichung wurde beobachtet, wenn Wasserstoff statt in Luft in Sauerstoff oder Kohlensäure diffundirte.[2]) Nimmt man an, dass diese Abweichung umgekehrt proportional dem specifischen Gewichte des Gases ist, so würde sie bei der oben erwähnten Graphitplatte für Wasserstoff im Vergleiche zu Stickstoffoxydul ca. 23 Proc. betragen. Die Abweichung ist also bei beiden so heterogenen Körpern wie vulcanisirter Kautschuk und gepresster Graphit nicht nur von demselben Sinne, sondern auch von derselben Ordnung. Da kein Grund zur Annahme vorhanden ist, dass das Gas beim Durchgange durch eine nichtabsorbirende poröse Scheidewand, wie die Graphitplatte, seinen Aggregatzustand ändern sollte, und da die Abhängigkeit der Constante *D* eines Gases von seinem specifischen Gewichte nur als ein Zeichen für den gasförmigen Aggregatzustand des diffundirenden Körpers betrachtet werden kann, so folgt daraus,

1) Wied. Ann. IV. p. 268—277. 1878.

2) Pogg. Ann. CXX. p. 425. 1863.

dass die Gase im Kautschuk unmöglich im flüssigen Zustande sich befinden können, und dass sie alle Eigenschaften, die ihnen als Gasen zukommen, auch während der Absorption durch Kautschuk behalten. Die Hypothese von Graham über die Natur der Absorption der Gase ist deshalb sicher als falsch zu betrachten, und eine grössere oder geringere Durchdringlichkeit der Membran für das eine oder das andere Gas hat gar nichts mit seiner Löslichkeit oder Compressibilität — wie es Mitchell behauptete — zu thun. Ebenso wenig ist die chemische Hypothese auf die Vorgänge im Kautschuk anwendbar, und die Absorption der Gase wie Stickstoffoxydul, Kohlensäure und Wasserstoff durch Kautschuk muss als eine rein physikalische Erscheinung betrachtet werden. Eine Kautschukmembran ist dabei als eine mit gasverdichtenden resp. gasverdünnenden Kräften ausgestattete poröse Substanz aufzufassen, deren Porosität von derselben Ordnung ist wie die Porosität des Graphites. Die Bewegung des Gases findet durch die Poren des Kautschukes statt.

§ 5. Es ist sehr zu bedauern, dass Graham's Versuche über den Durchgang der Gase durch Metalle so angestellt waren, dass man sie jetzt mit Hülfe der Gesetze der Verbreitung der Gase in absorbirenden Substanzen nicht berechnen kann. Ich habe blos drei Zahlen berechnen können, die ich hier — da sie nicht ohne Interesse sind — mittheilen will. Es ist die Constante D für Wasserstoff in Platin „bei heller Rothgluth" und D für Kohlenoxyd und Wasserstoff in Eisen „bei guter Rothgluth."

Ein Platindraht[1]) absorbirte bei der Rothgluth 0,17 Volumina von Wasserstoff (im Mittel aus vier Versuchen). Eine aus derselben Masse geschmolzenen Platins gezogene Röhre[2]) von 0,11 cm Wanddicke liess in der Minute 489,2 ccm Gas durch eine Fläche von 1 Quadratmeter durch. Daraus ergibt sich:

1) Pogg. Ann. CXXIX. p. 589—590. 1866.

2) Ibid. p. 580. 1866.

$$D = 0{,}00053 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}.$$

Eine Röhre von Schmiedeeisen von 0,17 cm Wanddicke liess in der Minute 0,284 ccm Kohlenoxyd und 76,5 ccm Wasserstoff pro Quadratmeter durch.[1]) Da ein Volumen dieses Metalls vier Volumina Kohlenoxyd enthalten konnte, so ist für dieses Gas:

$$D = 0{,}000\,000\,02 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}.$$

Da der Absorptionscoëfficient dieses Metalls für Wasserstoff kleiner war als vier, so ist die Constante D für dieses Gas grösser als $0{,}000\,000\,54 \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$, woraus folgt — wenn man überhaupt diese beiden Zahlen vergleichen darf — dass auch in den Metallen specifisch leichteren Gasen grössere Constanten D zukommen.

Es ist neulich von Stefan[2]) behauptet worden, dass die Constante D für Sauerstoff und Stickstoff sowohl im Wasser wie im Alkohol grösser ist, als für Kohlensäure, und dass die grösste Constante dem Wasserstoffe zukommt. Es wäre aber zu voreilig, aus seinen Versuchen irgend welche Schlüsse im Bezug auf die Natur der Absorption der Gase in den betreffenden Flüssigkeiten ziehen zu wollen.[3])

Franz Exner[4]) hat bereits vor mehreren Jahren gezeigt, dass beim Durchgange der Gase durch eine Lamelle, welche aus einer wässerigen Seifenlösung besteht, sich austauschende Volumina zweier Gase ihren Absorptionscoëfficienten direct und den Quadratwurzeln aus ihren specifischen Gewichten umgekehrt proportional sind. Daraus hat Stefan geschlossen, dass die Constante D im Wasser der Quadratwurzel aus dem specifischen Gewichte des Gases umgekehrt proportional ist, und dass die absorbirten

1) Pogg. Ann. CXXXIV. p. 326. 1868.

2) Wien. Ber. LXXVII. 1878.

3) Vergl. Wied. Ann. VII. p. 14—16. 1879.

4) Wien. Ber. LXX. 1874.

Gasmolecüle für sich und nicht mit den Flüssigkeitsmolecülen verbunden sich bewegen, was den Dalton'schen Ansichten über die Natur der Absorption in der soeben genannten Flüssigkeit entsprechen würde. Indessen stehen den Versuchen von Exner, die Versuche von Pranghe[1]) gegenüber, welcher gezeigt hat, dass die von Exner angegebene Beziehung bei den Lamellen aus reinem ungekochtem Leinöle gar nicht vorhanden ist. Man sieht daraus, dass die Vorgänge bei den Flüssigkeiten viel complicirter sein müssen, und dass man zuerst die Sache einer viel tiefer eingehenden und umfassenderen Untersuchung unterwerfen muss, ehe man irgend etwas Sicheres über die Natur der Absorption der Gase in den Flüssigkeiten auszusagen im Stande sein wird. Diesem Gegenstande wird der zweite Theil dieser Untersuchungen gewidmet werden.

§ 6. Zum Schlusse erlaube ich mir, die bei dieser Untersuchung gewonnenen Resultate kurz zu recapituliren:

1) Das Henry-Dalton'sche Absorptionsgesetz für Flüssigkeiten und Gase gilt auch für Kautschuk und Gase.

2) Die Absorptionscoëfficienten des vulcanisirten Kautschukes sind lineare Functionen der Temperatur; für Kohlensäure und Stickstoffoxydul nehmen sie mit der Zunahme der Temperatur ab, der Absorptionscoëfficient für Wasserstoff nimmt dagegen zu.

3) Die Absorption von Stickstoffoxydul, Kohlensäure und Wasserstoff durch Kautschuk ist keine chemische Erscheinung, sondern ein rein physikalischer Vorgang.

4) Die Hypothese von Graham, nach welcher Gase, wenn sie vom Kautschuk absorbirt werden, in den flüssigen Zustand übergehen und als Flüssigkeiten im Kautschuk enthalten sind, ist falsch.

5) Die Gase behalten nach der Absorption ihren gasförmigen Zustand und sämmtliche sie als Gase characterisirende Eigenschaften.

---

1) Beiblätter II. p. 202—205. 1878.

6) Die Gase verbreiten sich im Kautschuk nach den allgemein für absorbirende Substanzen gültigen Gesetzen der Wärmeleitung in festen Körpern.

7) Die Constante der Verbreitung eines Gases *D* für Stickstoffoxydul, Kohlensäure und Wasserstoff ist unabhängig von der chemischen Natur des Gases, ebenfalls von dem Absorptions- und Sättigungscoëfficienten.

8) Sie hängt nur von den physikalischen Eigenschaften des Gases und zwar von seinem specifischen Gewichte ab. Näherungsweise ist sie der Quadratwurzel aus diesem Gewichte umgekehrt proportional. Die Abweichung von dieser Relation besteht darin, dass, ähnlich wie beim Graphit, die specifisch leichteren Gase bedeutend grössere Constanten *D* haben, als es diese Relation fordert.

9) Die Constante *D* bei Stickstoffoxydul und Kohlensäure nimmt mit der Zunahme der Temperatur zu.

10) Sie ist für diese Gase bei 10° C. ca. 50mal kleiner als *D* für Kohlensäure im Wasser.

11) Eine Kautschukmembran ist als eine mit gasverdichtenden resp. gasverdünnenden Kräften ausgestattete poröse Platte aufzufassen, deren Porosität von derselben Ordnung ist wie beim Graphit. Die Bewegung des Gases findet durch die Poren des Kautschukes statt.

12) Aus den Versuchen von Graham lässt sich schliessen, dass auch in den glühenden Metallen den leichteren Gasen eine grössere Constante *D* zukommt.

Universität Strassburg, Juni 1879.

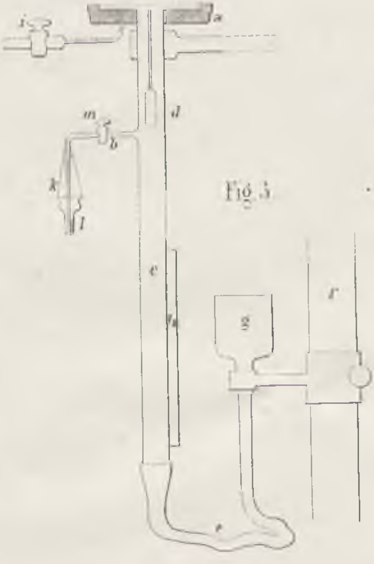


Fig. 3



Fig. 4